# 第８講　遺伝子②

## 【1】

〔文１〕

人類は定住し農耕を始めるようになってから，安定的に食糧を得るため，植物の遺伝的改良を行ってきた。現在，私たちが栽培しているほとんどの農作物は，野生植物から出現した優良個体の長年にわたる選抜と，交配や人為的な変異を用いた遺伝的改良によって作出されたものである。このような，同一種の中で農業上区別できる系統を，ここでは品種という。

イネは日本において盛んに品種改良が行われてきた作物の1つであり，これまで数多くの品種が作出されている。その中でもコシヒカリは，現在日本で最も多く栽培されているイネ品種である。近年，コシヒカリの優良形質を受けついだ新品種がいくつも開発されている。以下はその3つの品種の例である。

品種Ａは，病気に強い品種とコシヒカリとの交配により，病気に強い形質をコシヒカリに付加した品種であり，(ア)戻し交配とDNAマーカー選抜法という手法を組み合せることによって作出された(図１－１)。DNAマーカー選抜法では，できた雑種のDNAの塩基配列を調べることによって，その個体のもつ多数の遺伝子がコシヒカリ由来であるのか，交配相手由来であるのか，またそれらがホモ接合であるのか，ヘテロ接合であるのかを判別することができる。導入したい形質(病気に強い)に関わる遺伝子をもち，それ以外の多くの遺伝子がコシヒカリ由来となった雑種を選抜し，自家受粉を経て，形質が固定されたものを最終的に新品種とする。

品種Ｂは，コシヒカリの突然変異体を選抜することによって得られた品種であり，コメの粘りがコシヒカリより強い。コメの粘りは，胚乳に蓄積する2種類のデンプン分子，アミロースとアミロペクチンの割合によって決まり，アミロースの割合が低いとコメの粘りが強くなる。

品種Ｃは，草丈の低い品種とコシヒカリとの交配により，草丈が低く，倒れにくい形質をコシヒカリに付加した品種であり，品種Ａと同じ方法によって作られた。

これらの3つの品種を用いて，以下の実験1～3を行った。なお，3つの品種はいずれも純系であり，病気に強い，コメの粘りが強い，草丈が低いという形質以外の形質は，コシヒカリと同等である。またそれぞれの形質は1遺伝子によって支配され，独立に遺伝するものとする。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

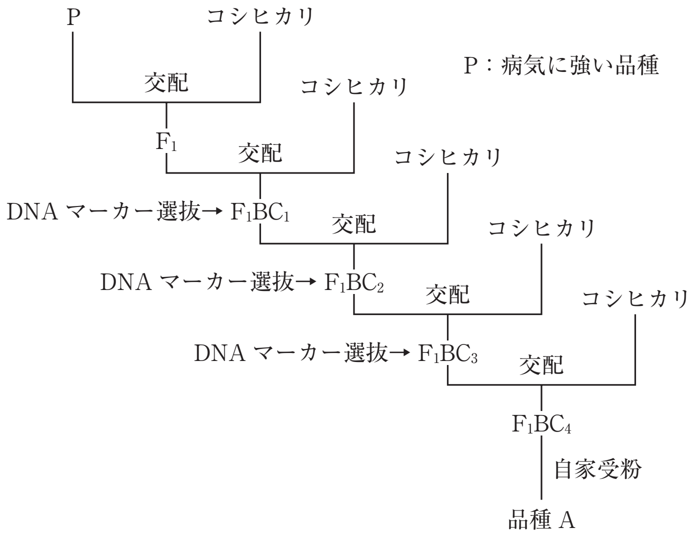



図１－１　戻し交配とDNAマーカー選抜法による品種Aの作出過程。図中の$F_1BC_x$は，$F_1$に戻し(backcross)を$x$回行った個体である。

実験１　品種A，B，Cをそれぞれコシヒカリと交配し，$F_1$種子を得た。$F_1$個体を自家受粉させ，雑種第２代($F_2$)における表現型の分離比を調べたところ，それぞれの集団には，病気に強い個体，自家受粉すると粘りが強いコメのみをつける個体，草丈が低い個体が25％の割合で出現した。

実験２　品種Bとコシヒカリとの交配を，雄親と雌親をそれぞれ入れ替えて行い，２種類のF1種子を得た。得られた2種類の$F_1$，コシヒカリ，品種Bの４つについて，種子の胚乳におけるアミロースの割合を調べたところ，コシヒカリが最も高く，コシヒカリ＞コシヒカリを雌親とした$F_1$＞品種Bを雌親とした$F_1$＞品種B，の順で低くなった。

実験３　図１－2のような交配により作出した1つの個体Qを自家受粉させ，種子集団Rを得た。この種子集団Rを発芽させ，その後の表現型を調べたところ，病気に強く，自家受粉すると粘りが強いコメのみをつけ，草丈が低いという，品種A，B，Cの性質を兼ね備えた個体が出現した。

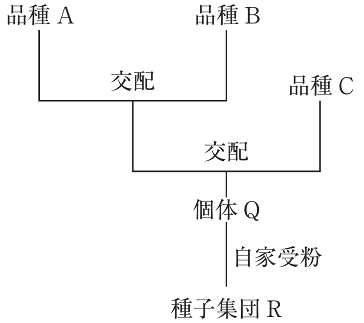



図１－２　種子集団Rの作出過程

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

〔文2〕

ある植物に他の生物由来の遺伝子を導入して作られた植物を，トランスジェニック植物という。イネでは，土壌細菌であるアグロバクテリウムを用いた遺伝子導入法がよく用いられている。アグロバクテリウムは，自身のもつTiプラスミドの一部を，植物細胞の核のDNAに組み込む性質をもつ。この性質を用いた方法によって，ある遺伝子をイネに導入するために，以下の実験4を行った。図1－3はこの実験の前半部の概要を示したものである。また，図中で示された(イ)，(ウ)，(エ)は，実験説明文中の下線部(イ)，(ウ)，(エ)の操作に対応している。

実験4　導入したい目的遺伝子を含むDNAを(イ)PCR法によって増幅した。この増幅したDNAに対して，(ウ)酵素反応を行うことによって特定の塩基配列の部位を切断し，目的遺伝子を含むDNA断片を得た。続いて，アグロバクテリウムからTiプラスミドを取り出し，(ウ)酵素反応を行うことによってその一部のDNA配列を取り除き，そこに目的遺伝子を含むDNA断片を(エ)酵素反応によって組み込んだ。次に，この(オ)目的遺伝子をもったプラスミドをアグロバクテリウムに導入し，寒天培地上でアグロバクテリウムを増殖させ，菌体を感染用の溶液に懸濁し，アグロバクテリウム溶液とした。

籾殻（もみがら）を取り外した(カ)イネの種子を殺菌し，(キ)植物ホルモンXを含む寒天培地に置いたところ，(ク)胚の細胞が増殖し，約2週間後に多数のカルスが形成された。それらのカルスを集め，調製したアグロバクテリウム溶液に数分間浸し，水洗した後，培地上で3日間培養することによって，アグロバクテリウムをカルスに感染させた。その後，カルスの表面に増殖したアグロバクテリウムを殺し，(ケ)植物ホルモンXを含む寒天培地で2週間程度培養した。更に培養を続けてもカルスに変化は見られなかったが，カルスを(コ)植物ホルモンXとYを含む寒天培地に移したところ，1週間ほどで(サ)カルスの一部が緑色になり，2週間後にはその周辺から多数の芽が形成された。芽を含む組織を，植物ホルモンを含まない寒天培地上に移植したところ，芽や根が伸長し，植物体へと成長した。この植物のDNAを調べ，目的遺伝子をもったトランスジェニックイネであることを確認した。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

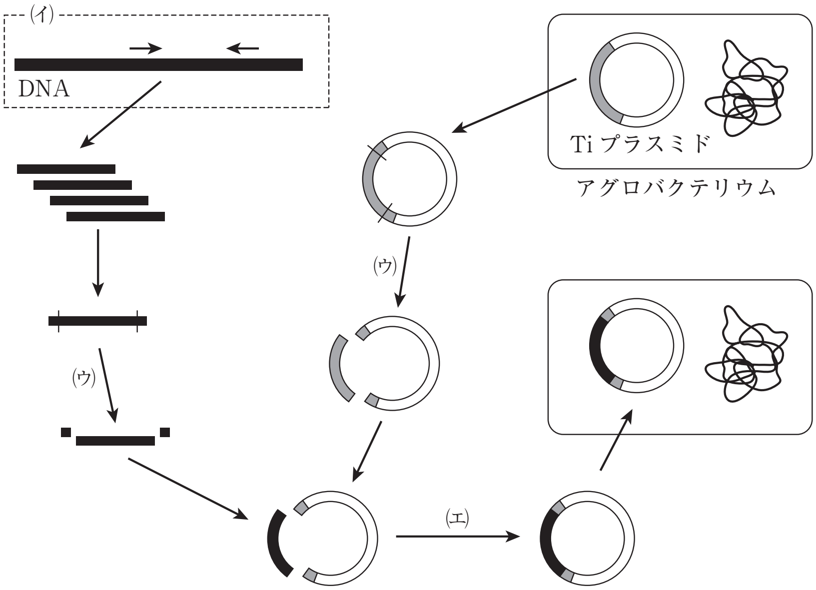



図１－３　遺伝子導入に用いるアグロバクテリウムの調整方法。Tiプラスミドの灰色の部分は，本来アグロバクテリウムが，植物の核のDNAに組み込みDNA領域であることを示す。


©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

〔問〕

Ⅰ　文1について，以下の小問に答えよ。

A　実験1について。品種Aとコシヒカリとの交配で得られた$F_1$個体の，病気に対する表現型はどのようになるか，答えよ。

B　実験2について。コシヒカリを雌親とした$F_1$の方が，品種Bを雌親とした$F_1$よりも，胚乳におけるアミロースの割合が高くなった理由を，被子植物特有の受精様式を考慮した上で，90字程度で述べよ。

C　実験3について。種子集団Rの中に含まれると考えられる純系の種子の割合を，分数で答えよ。

D　下線部(ア)について。以下の(a)と(b)に答えよ。

(a)　DNAマーカーによる選抜を行わずに，4回の戻し交配によってできた個体($F_1BC_4$)を考える。仮に独立に遺伝する$n$対の遺伝子が存在するとした場合，交配相手とコシヒカリの対立遺伝子がヘテロ接合になると期待される遺伝子対の数を，$n$を用いた分数で答えよ。

(b)　DNAマーカーによる選抜を行わずに，表現型による選抜によって，品種Aと同等な性質をもつ品種を作出するためには，図1－1で示す過程と比べて，長い年月を必要とする。その理由を90字程度で述べよ。

E　品種Cの草丈を低くさせる遺伝子は，1960年代からの急激なコメの増産によって，当時の食糧危機を救ったとされる「緑の革命」で中心的な役割を果たした遺伝子である。この変異はある遺伝子の機能欠損による潜性(劣性)変異である。一方，コムギにおいて「緑の革命」を主導した草丈の低い品種の作出には，草丈が低くなる顕性(優性)の遺伝子が利用されている。この違いは，イネが二倍体であるのに対して，コムギが六倍体であることと関連があると考えられる。コムギではイネと異なり，潜性(劣性)変異が利用されにくい理由を80字程度で述べよ。

Ⅱ　文２について，以下の小問に答えよ。

A　下線部(イ)，(ウ)，(エ)には遺伝子操作でよく用いられる酵素が使われる。それぞれに最も適切な酵素を以下の(1)〜(4)から選び，(イ)－(5)のように答えよ。

(1)　DNA合成酵素　　(2)　DNAリガーゼ　　(3)　DNA分解酵素

(4)　制限酵素

B　下線部(カ)について。イネの種子は，種子貯蔵物質の蓄積の様式が，エンドウの種子とは異なっている。その違いを80字程度で述べよ。

C　下線部(ク)における胚の細胞からカルスへの変化，下線部(サ)におけるカルスから芽への変化のことをそれぞれ何というか。(ク)－○○○，(サ)－×××，のように答えよ。

D　下線部(キ)，(ケ)，(コ)の培地に含まれる植物ホルモンXとYについて正しい記述を，以下の(1)〜(6)からすべて選べ。

(1)　Xは離層の形成を促進する。

(2)　Xは幼葉鞘（ようようしょう）の先端から基部方向へ移動する。

(3)　Xをイネの種子に与えると，胚乳のデンプン分解が促進される。

(4)　Yを葉に与えると，老化が抑制される。

(5)　Yは果実の成熟を促進する。

(6)　Yはイネに病気を引き起こす菌が分泌する物質として同定された。

E　下線部(オ)のプラスミドには，目的遺伝子とともに，あらかじめ，ある除草剤に対して耐性となる遺伝子が組み込んである。また，下線部(ケ)と(コ)の培地にはこの除草剤を加えてある。この方法により，トランスジェニック個体を効率よく取得することができる。その理由を100字程度で述べよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

# 第8講　確認テスト

近年，遺伝子工学の進歩が目覚ましい。1970年代に，DNAの特定の塩基配列を認識して切断する(　ア　)やmRNAに対して相補的なDNAを作成する(　イ　)，DNAの切れ目をつなぐ酵素(　ウ　)が相次いで発見され，その応用の一つとしてすい臓(　エ　)内の(　オ　)細胞で分泌されるインスリンが大腸菌を用いて合成された。

大腸菌を利用したインスリン合成には様々な遺伝子工学が関わっている。その一つに遺伝子発現の調節機構がある。遺伝子の中には特定の環境条件の時にだけ発現するものがあり，この調節は(　カ　)の段階で行われていることが多い。(a)1961年ジャコブとモノーがこの調節機構を大腸菌のラクトース分解において証明した。通常，大腸菌はグルコースを利用して生育するが，グルコースがない場合ラクトースも利用する。大腸菌はラクトースをラクトース分解酵素で分解し，生成されたグルコースを生育に利用する。図1のごとく，ラクトース分解酵素遺伝子群の上流に隣接し，(　カ　)の開始を指示する(　キ　)が結合するスイッチ領域であるプロモーターと(　カ　)の調節を行う(　ク　)領域，(　ク　)により合成されたタンパク質が結合する(　ケ　)が存在する。これらはまとめてオペロン説として提唱された。グルコースがなくラクトースが存在する時，ラクトースの代謝産物は(　ク　)により合成されたタンパク質と結合すると，(　ケ　)から離れ，(　カ　)が(　コ　)される。

ラクトース擬似物質としてIPTGや(b)Xgalが開発された。IPTGはラクトース分解酵素により分解されず，Xgalはラクトース分解酵素により分解されて青色を発色する特徴(分解されないと白色である)がある。大腸菌内のラクトース分解酵素遺伝子群の後にインスリン遺伝子を挿入し，IPTGを入れると，原理的には大腸菌内でインスリンが大量に産生されることになる。現在，この方法の応用が様々なタンパク質の合成を可能としている。

図1　ラクトース分解酵素遺伝子群のDNA配置図
(上記の遺伝子群はラクトース分解酵素を含む3種のタンパク質をコードする。)

問1　文中の(　ア　)～(　コ　)に適切な語句を記入せよ。


©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問2　文中の下線部(a)の実験で，野生株と共にプロモーター，(　ク　)，(　ケ　)のいずれかの領域の1か所に突然変異を持つ大腸菌をそれぞれプロモーターの変異大腸菌A，(　ク　)の変異大腸菌B，(　ケ　)の変異大腸菌Cとし，表1のような培地の条件で培養したところ，大腸菌の生育とラクトース分解酵素の産生に表1の結果がみられた。以下の問いに答えよ。

表1　大腸菌の種類，培養条件とその結果

| 条件 | 大腸菌の種類 | 培地の条件 | | 大腸菌の生育 | ラクトース分解酵素産生 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | グルコース | ラクトース | | |
| 1 | 野生株 | ＋ | － | ＋ | － |
| 2 | | － | ＋ | (　サ　) | (　シ　) |
| 3 | | ＋ | ＋ | ＋ | 時間が経過してから＋ |
| 4 | 変異株(ス) | ＋ | － | ＋ | ＋ |
| 5 | | － | ＋ | ＋ | ＋ |

(1)　条件1ではなぜラクトース分解酵素が産生されなかったか，ク，ケの記号を用いて説明せよ。(25字以内)

(2)　条件2の(　サ　)(　シ　)に入る記号を記入せよ。

(3)　条件3での大腸菌の生育曲線を図示せよ。

(4)　条件4，5の変異株(　ス　)に入る可能性のある変異大腸菌はどれか，変異大腸菌A，B，Cで答えよ。解答は1個とは限らない。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問３　文中の下線部(b)を考慮して図2のごとく設計されたプラスミドを利用し，プラスミド(D～H)の入った大腸菌の培養を行った。ただし，プラスミドを入れる前の大腸菌はラクトース分解酵素を産出できない。培地の条件と大腸菌の生育の関係を表2で示した。以下の問いに答えよ。

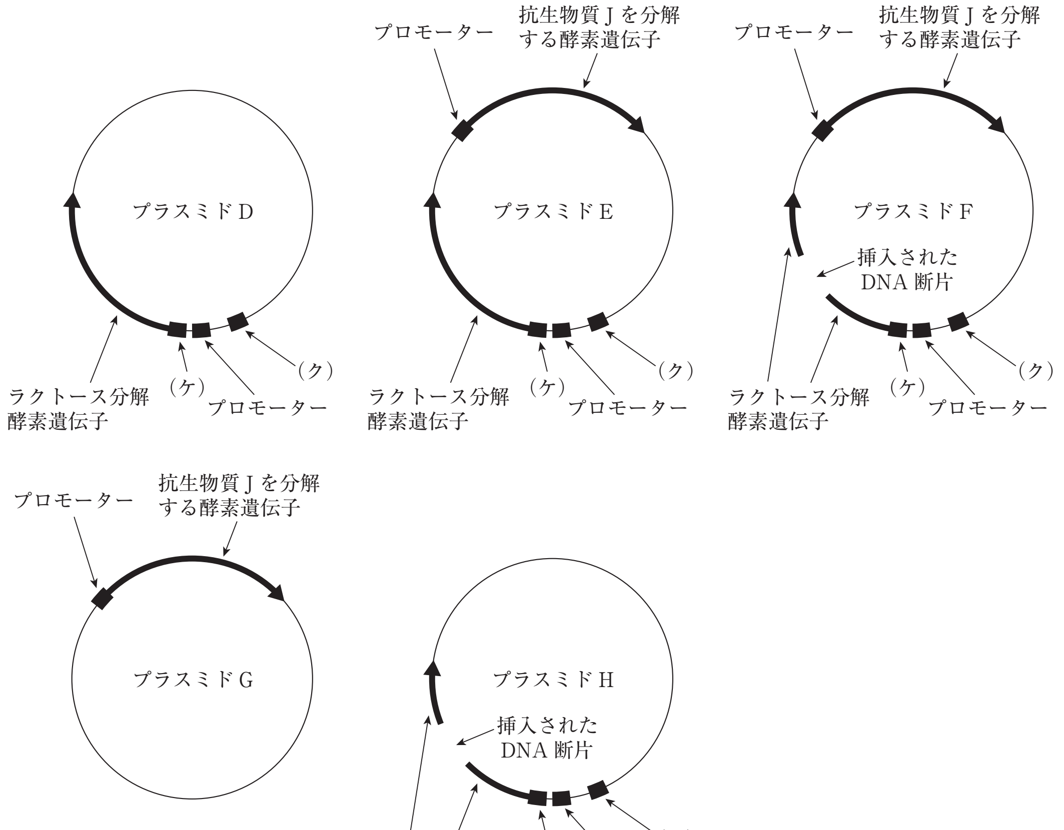



図２　実験に使われたプラスミド

（ラクトース分解酵素遺伝子は1種のラクトース分解酵素をコードする。）

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

表２　プラスミドの種類と大腸菌の生育の関係

| 条件 | プラスミドの種類 | 培地の条件 | | 大腸菌の生育 |
|---|---|---|---|---|
| | | 抗生物質Ｊ | Xgal | |
| 1 | プラスミドＤ | ＋ | － | － |
| 2 | （　セ　） | － | － | ＋ |
| 3 | （　ソ　） | － | ＋ | ＋（白色） |
| 4 | （　タ　） | － | ＋ | ＋（青色） |
| 5 | （　チ　） | ＋ | ＋ | ＋（白色） |
| 6 | （　ツ　） | ＋ | ＋ | ＋（青色） |

⑴　条件１でなぜ大腸菌は生育しなかったのか，説明せよ。（25字以内）

⑵　条件２～６の（　セ　）～（　ツ　）に入る可能性のあるプラスミドはどれか，記号で答えよ。解答は１個とは限らない。


ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

# 第 8 講

## 【1】

I

A　コシヒカリと同じ程度の病気に対する強さを持つ

B　重複受精によりできた胚乳核の核相は$3n$であり，雄親から$n$，雌親から$2n$受け継ぐので雌親からの影響が大きくなる。このためコシヒカリを雌親とした$F_1$の方がアミロースの割合が高くなる。(86)

C　$\frac{1}{8}$

D

(a)　$\frac{n}{16}$

(b)　DNAマーカーによる選抜法では種子の段階で目的の種子を選抜できるのに対して，表現型による選抜では，稲を植えて成長させてさらに次世代の形質を確認する必要があるので時間がかかる。(89)

E　イネに比べてコムギはゲノムの数が多いので，目的の遺伝子に変異を起こせて潜性(劣性)ホモ接合体をつくれる確率が低くなり，結果，目的の個体を得ることも難しくなるため。(77)

Ⅱ

A　(イ)　(1)　　(ウ)　(4)　　(エ)　(2)

B　イネの種子は,有胚乳種子であるため種子貯蔵物質は胚乳に蓄積されている。一方,エンドウの種子は,無胚乳種子であるため種子貯蔵物質は子葉に蓄積されている。(75)

C　(ク)　脱分化　　(サ)　再分化

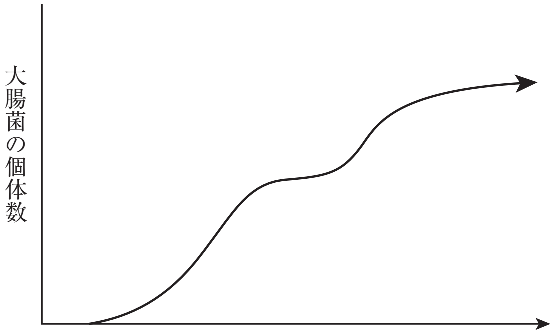
D　(2),(4)

E　目的遺伝子を組み込んだ個体とそうでない個体の見分けがつかないため，除草剤耐性遺伝子を目的遺伝子とともに組み込み，後から除草剤を加えることで目的遺伝子を組み込んだ個体だけを効率よく得ることができる。(98)

# 第８講　確認テスト

問１　ア　制限酵素　　イ　逆転写酵素　　ウ　リガーゼ
　　　エ　ランゲルハンス島　　オ　Ｂ細胞　　カ　転写
　　　キ　RNA合成酵素　　ク　調節遺伝子　　ケ　オペレーター
　　　コ　促進，開始，活性化など

問２
⑴　クで合成されたタンパク質がケに結合したため。
⑵　(サ)　＋　　(シ)　＋
⑶　次図




⑷　B，C

問３
⑴　抗生物質Ｊの分解酵素が産生されないから。
⑵　(セ)　D，E，F，G，H　　(ソ)　F，G，H
　　(タ)　D，E　　(チ)　F，G
　　(ツ)　E

**【解説】**

問１　基本的な空欄補充問題である。オペロン説の理解のためには，プロモーター領域やオペレーター領域の役割を正しく把握しておくことが必要となる。

問２
⑴　調節遺伝子の発現産物である調節タンパク質（リプレッサー）はオペレーター領域に結合することで，ラクトース分解酵素遺伝子群の発現を抑制している。培地にラクトースがある場合は，ラクトース，ないしはその転写産物はリプレッサーに結合することでリプレッサーの立体構造が変化しオペレーター領域から離れる。その結果，ラクトース分解酵素遺伝子群の発現が促進されることになるが，条件1ではラクトースが培地に存在しないため，ラクトース分解酵素は産生されない。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(2)　培地にラクトースがあるため，ラクトース分解酵素が産生される。ラクトースの分解産物をエネルギー源として利用できるため，大腸菌は生育する。

(3) 培養開始からしばらくの時間は，グルコースを呼吸基質として利用できるため大腸菌の個体数は順調に増加する。グルコースが枯渇するとラクトースオペロンの発現が誘導されるが，ある程度の時間を要するため，その間は大腸菌の増殖は停止する。その後ラクトースを基質として利用して増殖するが，ラクトースが枯渇すると増殖は再び停止する。

(4)　プロモーター領域に変異をもつ変異株Ａでは，どのような条件であってもラクトース分解酵素産生は見られない。調節遺伝子に変異をもつ変異株Ｂでは，変異の結果合成されるリプレッサーがオペレーター領域に結合できない場合とリプレッサーがラクトースと結合できずオペレーターから解離できない場合が考えられる。前者の場合は，どのような条件であってもラクトース分解酵素が産生され，後者ではどのような条件であってもラクトース分解酵素は産生されない。プロモーターに変異をもつ変異株Ｃでは，プロモーター領域の変化によってリプレッサーが結合できなくなるため，どのような条件でもラクトース分解酵素が産生されることになる。実験結果は，ラクトースの有無によらずラクトース分解酵素が産生されいることから，変異株Ｂ，もしくは変異株Ｃであると考えられる。

問３

(1)　プラスミドＤには抗生物質Ｊを分解する酵素遺伝子が存在しない。そのため，プラスミドＤを取り込んだ大腸菌は，培地に添加した抗生物質Ｊによって死滅してしまったと考えられる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑵　条件2は培地に抗生物質Jが存在しないため，プラスミドをもたない大腸菌も，どのようなプラスミドをもつ大腸菌も生育する。ゆえに，D,E,F,G,Hのどれもが答えとなる。条件3で白色のコロニーを形成する大腸菌は，抗生物質J分解酵素の有無を問わず，ラクトース分解酵素遺伝子が分断されているか，もともと存在しないプラスミドを受け取った大腸菌である。ゆえに，F,G,Hが答えとなる。条件4で青色のコロニーを形成するプラスミドは，抗生物質J分解酵素の有無を問わず，ラクトース分解酵素遺伝子が存在するプラスミドを受け取った大腸菌である。ゆえに，D,Eが答えとなる。条件5で白色のコロニーを形成する大腸菌は，抗生物質J分解酵素遺伝子が存在し，ラクトース分解酵素遺伝子が分断されているか，もともと存在しないプラスミドを受け取った大腸菌である。ゆえに，F,Gが答えとなる。条件6で青色のコロニーを形成している大腸菌は，抗生物質J分解酵素遺伝子が存在し，ラクトース分解酵素遺伝子が存在するプラスミドを受け取った大腸菌である。ゆえに，Eが答えとなる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。